

PENGARUH TEKNIK PENYAYATAN PAHAT MILLING PADA CNC MILLING 3 AXIS TERHADAP TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN BENDA BERKONTUR

Irawan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Abstrak -- Dalam perindustrian penggunaan mesin CNC Milling sangat di andalkan untuk mendapatkan hasil yang optimum baik secara kualitas maupun kuantitas. Akan tetapi muncul permasalahan, bagaimana pengaruh perbedaan teknik penyayatan terhadap nilai kekasaran permukaan benda kerja berkontur dalam proses milling CNC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode penyayatan pahat milling terhadap kekasaran permukaan benda kerja berkontur yang di hasilkan pada proses freis dengan menggunakan mesin milling CNC - 3Axis Makino S33. Peneliitan ini merancang dan membuat molding Cover stop kontak dikarenakan permukaan produk cover stop kontak memiliki permukaan yang berkontur. Molding ini terdiri dari Core dan Cavity. Benda kerja yang akan di ujicoba adalah bagian Core sebanyak 3 buah. Dalam pengerjaanya benda ujicoba diberikan perlakuan yang sama antara lain, kedalaman pemotongan, kecepatan spindle, dan jenis pahat yang di gunakan, kemudian dari ke 3 benda kerja tersebut masing- masing di tentukan 3 titik pengukuran. Dari hasil pengujian yang di peroleh kemudian dilakukan analisis tabel. Nilai kekasaran permukaan terendah (rata-rata kekasaran $0.899\mu m$) dengan waktu permesinan tercepat (waktu proses 1 jam 08 menit) pada penggunaan metode penyayatan 3D offset finishing. Penulis menyarankan agar dalam proses freis menggunakan mesin milling CNC 3Axis Makino S33 pada permukaan benda yang berkontur, untuk mendapatkan nilai kekasaran yang terendah disarankan menggunakan metode penyayatan 3D offset finishing.

Kata kunci: Kekasaran permukaan, Teknik penyayatan, 3D offset finishing

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri khususnya produksi, pemanfaatan mesin perkakas yang digunakan dalam pembuatan benda kerja sangat diandalkan untuk mendapatkan hasil yang optimum. Setiap mesin perkakas dituntut untuk bisa menghasilkan produk yang lebih baik dari segi kecepatan, keakuratan, dan kesesuaian dengan kriteria desain.

Salah satu produk yang memerlukan tingkat kepresisian yang tinggi adalah *molding* atau cetakan. *Molding* merupakan cetakan yang terbuat dari metal yang dapat menghasilkan produk. Di dalam proses Pembuatan molding dibutuhkan rangkaian pekerjaan permesinan perkakas, sehingga control kualitas dan kuantitas sangat diperlukan untuk menjamin terbentuknya mold yang sesuai dengan kriteria desain tanpa mengesampingkan waktu proses produksi itu sendiri. Didalam perjalananya penulis menemukan permasalahan bahwa salah satu penyebab panjangnya waktu pembuatan suatu mold adalah karena sulitnya mengontrol penggunaan waktu pada proses polishing, yang

secara alur proses, polishing ini dikerjakan setelah proses finishing milling CNC.

Secara umum suatu produk molding yang akan di buat terlebih dahulu di desain menggunakan CAD, yang kemudian di teruskan oleh *software* CAM dimana pada akhirnya akan diperoleh output perintah kerja berupa NC file yang berisi perintah pergerakan pisau potong yang kemudian disebut *toolpath*. Jenis lintasan pahat atau *tool path* adalah hal yang sangat berpengaruh terhadap tekstur produk yang di hasilkan. Oleh karena itu pemilihan teknik penyayatan yang optimal mutlak dilakukan agar nilai kekasaran minimum dapat tercapai.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian pemesinan dilaksanakan di PT. T2C Asia. Adapun waktu penelitiannya mulai dari Mei 2015.

2.2 Metode Penelitian

Metode awal yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan eksperimen bermula dari rancangan produk *Cover stop kontak*, dan

dilanjutkan dengan membuat molding dari produk *Cover stop kontak* tersebut. Untuk membuat *moulding* pada satu bagian *Cover stop kontak* tersebut terdapat *cavity* dan *core*.

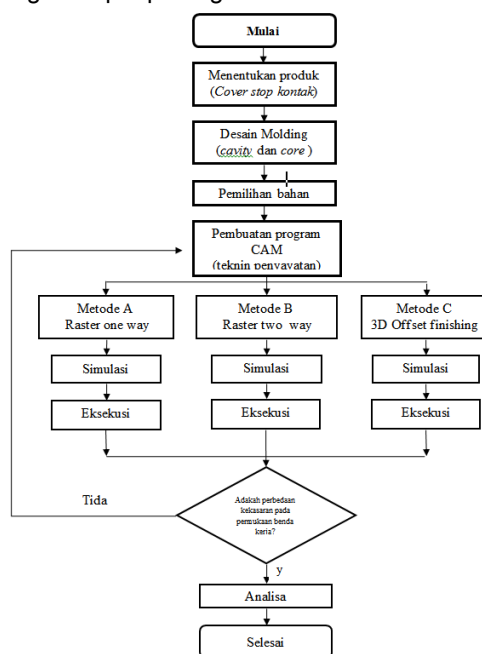
Perancangan produk dan bagian – bagianya tersebut dibuat dalam bentuk 3 dimensi dengan menggunakan *software* CAD/CAM. Setelah rancangan 3 dimensi selesai maka langkah selanjutnya menetapkan sistem CAM pada gambar CAD 3 dimensi tersebut.

Sesuai dengan pembatasan masalah, benda uji coba yang akan dilaksanakan dalam pemesinan yaitu, 3 *core* pada produk *Cover stop kontak*. Alasan penulis hanya melaksanakan pada benda uji coba *Cover stop kontak* karena bentuk dari *Cover stop kontak* tersebut mempunyai bentuk yang berkontur serta kedalaman kontur dapat dijangkau oleh pahat.

Setelah rancangan gambar CAD 3 dimensi dan penentuan CAM sudah dibuat maka langkah selanjutnya mengaplikasikannya pada mesin CNC *milling* 3Axis dan dilanjutkan dengan menguji benda uji coba tersebut dengan pengujian kekasaran permukaan yang menggunakan *roughness tester*.

2.3 Perencanaan Proses

Alur perencanaan dapat digambarkan dalam bentuk *flow chart* proses perancangan seperti yang terdapat pada gambar dibawah ini



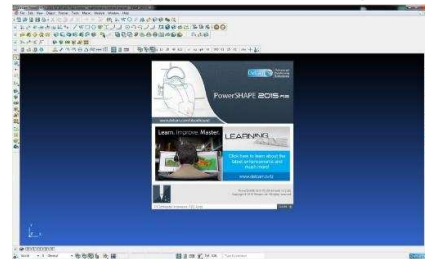
Gambar 2.1 Flow Chart Pembuatan Benda Uji Coba.

Dalam proses pembuatan alat ini digunakan beberapa sarana penunjang seperti.

a. Perangkat Lunak

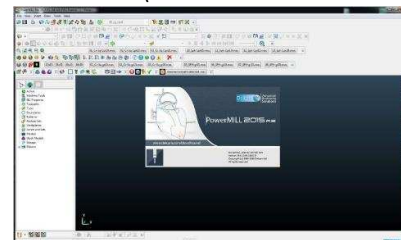
Perangkat lunak yang digunakan untuk menunjang kegiatan ini adalah sebagai berikut:

- *Software cad (Delcam PowerShape2015r2)*



Gambar 2.2 Interface Powershape 2015r2

- *Software cam (Delcam PowerMill 2015r2)*



Gambar 2.3 Interface PowerMill 2015r2

- *Total Commander*



Gambar 2.4 Interface Total Commander.

b. Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Workstation Lenovo ThinkStation P500
2. Pahat *BULL ENDMILL* dan *BALL ENDMILL*



Gambar 2.5 Bull endmill dan Ball endmill

3. Makino S33 CNC milling 3Axis



Gambar 2.6 Mesin CNC Milling Makino S33.

4. Roughness tester Mitutoyo seri SJ-400:



Gambar 2.7 Roughness Tester Mitutoyo CJ-400.

5. Jangka sorong digital

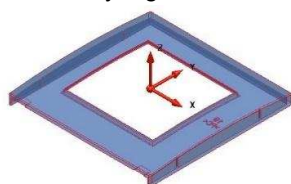
6. Erowa Preset Comfort



Gambar 2.8 Erowa Preset Comfort

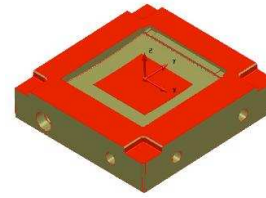
2.4 Perencanaan Desain

Seperti yang sudah dijelaskan pada metode eksperimen dan *flow chart* diatas maka penelitian terdapat beberapa langkah. Pada langkah pertama perancangan membuat produk *Cover* terlebih dahulu. Berikut adalah rancangan untuk model produk *Cover* yang akan dibuat.

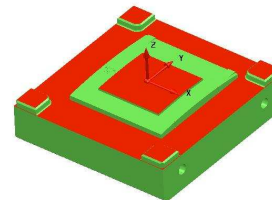


Gambar 2.9 Rancangan Model 3D Produk Cover

Setelah membuat CAD 3 dimensi produk *cover*, dilanjutkan langkah kedua yaitu membuat model *cavity* untuk produk *cover* seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.10 Rancangan Model 3D *Cavity*
Langkah ketiga yaitu membuat model *core* seperti terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.11 Rancangan Model 3D *Core*

1.1 Perencanaan Material

Pada perencanaan material dipilih material dengan jenis aluminium yang berdasarkan pada sifat dari aluminium yang mudah di proses mesin, dan tahan terhadap korosi.

1.2 Pembuatan Program CAM dan Simulasi

Pada pembuatan program CAM didasarkan pada beberapa hal diantaranya adalah:

1. Berdasarkan dari model CAD yang dibuat berdasarkan langkah perencanaan benda kerja.
2. Berdasarkan pemilihan jenis pahat yang di gunakan.
3. Berdasarkan material benda kerja.
4. Berdasarkan perhitungan parameter kecepatan potong dan kecepatan putaran spindle dari perhitungan yang telah di lakukan.

Perencanaan *tools* atau alat potong yang akan digunakan pada penelitian ini disesuaikan dengan permukaan benda kerja yang dibuat meliputi dua jenis alat potong. Alat potong yang pertama adalah *Bull endmill* yang digunakan untuk melakukan proses pemakanan kasar dan *ball nose endmill* untuk melakukan proses pemakanan akhir atau disebut *finishing*.

Untuk perencanaan proses roughing digunakan *Bull endmill* Ø12 mm dengan material *Carbide* dengan kecepatan potong berkisar 20 sampai dengan 250 m/min, maka dari data tersebut dapat

dihitung parameter pemesinan lainnya seperti.

Spindle speed Roughing

$$n = (1000 \times V_c) / (\pi \times d) \text{ (rpm)}$$

Keterangan:

$$n = (1000 \times 200) / (3.14 \times 12)$$

$$n = 200000 / 37.68$$

$$n = 5307,85 \text{ rpm}$$

1.3 Feed rate Roughing

$$V_f = n \times Z_n \times f_z \text{ (mm/min)}$$

Keterangan:

$$s = 3 \times 5307.85 \times 0.2$$

$$s = 3184,71 \text{ mm/min}$$

Untuk perencanaan proses finishing digunakan *ball endmill* Ø6 mm, dengan material *Carbide* dengan kecepatan potong berkisar 20 sampai dengan 250 m/min, maka dari data tersebut dapat dihitung parameter pemesinan lainnya seperti:

Spindle speed Finishing

$$n = (1000 \times V_c) / (\pi \times d) \text{ (rpm)}$$

Keterangan :

$$n = (1000 \times 200) / (3.14 \times 6)$$

$$n = 200000 / 18,84$$

$$n = 10615,71 \text{ rpm}$$

1.4 Feed rate Finishing

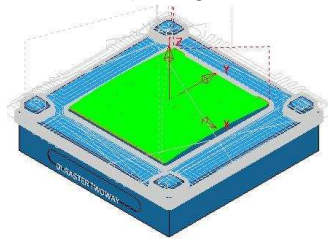
$$V_f = n \times Z_n \times f_z \text{ (mm/min)}$$

Keterangan:

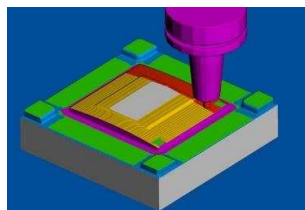
$$s = 2 \times 10615,71 \times 0.1$$

$$s = 2123.142 \text{ mm/min}$$

Sehingga di dapatkan simulasi pergerakan pahat seperti terlihat pada gambar:



Gambar 2.12 Pergerakan Toolpath Raster Two Way



Gambar 2.13 Pergerakan Toolpath Pahat Ballnose Diameter 6 pada Teknik Raster Two Way

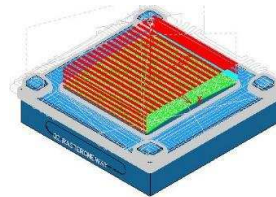
Langkah selanjutnya yaitu mengeluarkan *Nc file* dari pergerakan *toolpath Raster two way* yang akan dikirim ke mesin CNC. Berikut adalah gambar *Nc file* dari pergerakan *toolpath Raster two way*.

```

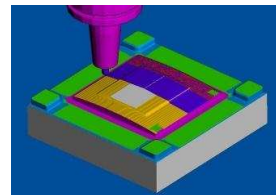
%
( PROGRAM NAME : 00013 )
( PROGRAM DATE : 31.05.15 - 03:41:05 )
( PROGRAMMED BY : IN IRAWAN )
( OPTION FILE : 02.SCHNEIDER_MAKINO_TOOL_LIVE_R2 )
( OUTPUT WORKPLANE : TOP )
( TOOL LIST : 1 TOOLS )
( NO. ID DIAMETER TIP RAD LENGTH )
( 15 BNG 6.000 3.000 92.000 )
( ESTIMATED CUTTING TIME : 1 TOOLPATHS = 0:49:58 )
T15
M6
M284
#130= 92.0000
#131= 6.0
#132= 3.0
#133= 0
G05 P8801 A#130 B#131 C#132 D#133
G52 X#537 Y#538 Z#539
G0 G90 X0 Y0
G68 R#540
S14000 M3
G04 P#145
G05 P10000
G54 X0 Y0
G17 G43 H#1032 Z50.0
Z38.437
M7
X-41.43 Y45.209
Z-3.416
G1 Z-4.416 F2000
Y44.709 F2520
Y44.462
Y44.444 Z-4.415
Y44.425 Z-4.413
Y43.938 Z-4.352
Y43.121 Z-4.251
Y42.304 Z-4.152
Y41.487 Z-4.054
Y40.813 Z-3.975
Y40.005 Z-3.882
Y39.171 Z-3.788
Y38.494 Z-3.712
Y37.817 Z-3.638
Y37.011 Z-3.552
Y36.37 Z-3.484
Y35.741 Z-3.419
Y35.014 Z-3.344

```

Gambar 2.14 Nc file Pergerakan Pahat Ballnose Diameter 6 pada Teknik Raster Two Way



Gambar 2.15 Pergerakan Toolpath Raster One Way



Gambar 2.16 Pergerakan Toolpath Pahat Ballnose Diameter 6 pada Teknik Raster One Way

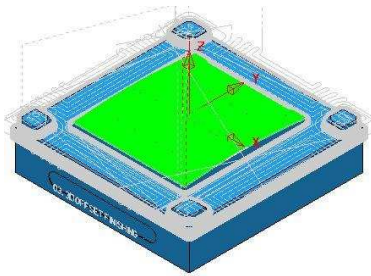
Langkah selanjutnya yaitu mengeluarkan *Nc file* dari pergerakan *toolpath Raster one way* yang akan dikirim ke mesin CNC. Berikut adalah gambar *Nc file* dari pergerakan *toolpath Raster one way*.


```

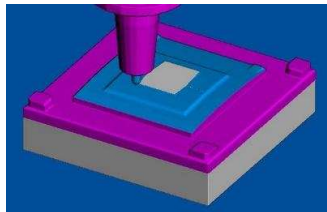
%
( PROGRAM NAME : 00023 )
( PROGRAM DATE : 31.05.15 - 05:27:57 )
( PROGRAMMED BY : IN IRAWAN )
( OPTION FILE : 02_SCHNEIDER_MAKINO_TOOL_LIVE_R2 )
( OUTPUT WORKPLANE : TOP )
( TOOL LIST : 1 TOOLS )
( NO. ID DIAMETER TIP RAD LENGTH )
( 15 BN6 6.000 3.000 92.000 )
( ESTIMATED CUTTING TIME : 1 TOOLPATHS = 0:58:46 )
T15
M6
M284
#130= 92.0000
#131= 6.0
#132= 3.0
#133= 0
G65 P8801 A#130 B#131 C#132 D#133
G52 X#537 Y#538 Z#539
G0 G90 X0 Y0
G08 R#540
S14000 M3
G04 P#145
G05 P10000
G54 X0 Y0
G17 G43 H#1032 Z50.0
Z38.437
M7
X-41.748 Y45.727
Z-3.389
G1 Z-4.389 F2000
X-41.745 Y45.718 Z-4.427 F2520
X-41.741 Y45.701 Z-4.464
X-41.738 Y45.678 Z-4.496
X-41.735 Y45.649 Z-4.523
X-41.733 Y45.615 Z-4.543
X-41.731 Y45.578 Z-4.557
X-41.73 Y45.546 Z-4.562
Y45.522 Z-4.563
Y45.502 Z-4.561
Y45.416 Z-4.551
Y45.313 Z-4.538
Y45.125 Z-4.514
Y45.007 Z-4.499
Y44.082 Z-4.383
Y43.398 Z-4.298
Y42.713 Z-4.215
Y41.821 Z-4.107

```

Gambar 2.17 Nc file Pergerakan Pahat Ballnose Diameter 6 pada Teknik Raster One Way



Gambar 2.18 Pergerakan Toolpath 3D Offset Finishing



Gambar 2.19 Pergerakan Toolpath Pahat Ballnose Diameter 6 pada Teknik 3D Offset Finishing.

Langkah selanjutnya yaitu mengeluarkan Nc file dari pergerakan toolpath 3D offset finishing yang akan dikirim ke mesin CNC. Berikut adalah gambar Nc file dari pergerakan toolpath 3D offset finishing.

```

%
( PROGRAM NAME : 00033 )
( PROGRAM DATE : 31.05.15 - 09:15:26 )
( PROGRAMMED BY : IN IRAWAN )
( OPTION FILE : 02_SCHNEIDER_MAKINO_TOOL_LIVE_R2 )
( OUTPUT WORKPLANE : TOP )
( TOOL LIST : 1 TOOLS )
( NO. ID DIAMETER TIP RAD LENGTH )
( 15 BN6 6.000 3.000 92.000 )
( ESTIMATED CUTTING TIME : 1 TOOLPATHS = 0:59:54 )
T15
M6
M284
#130= 97.0000
#131= 6.0
#132= 3.0
#133= 0
G65 P8801 A#130 B#131 C#132 D#133
G52 X#537 Y#538 Z#539
G0 G90 X0 Y0
G08 R#540
S14000 M3
G04 P#145
G05 P10000
G54 X0 Y0
G17 G43 H#1032 Z50.0
Z38.437
M7
X42.913 Y-44.878
Z-2.568
G1 Z-3.568 F2000
X42.859 Y-44.807 F2520
X42.798 Y-44.742 Z-3.569
X42.732 Y-44.682 Z-3.57
X42.661 Y-44.628 Z-3.572
X42.585 Y-44.581 Z-3.574
X42.505 Y-44.54 Z-3.576
X42.422 Y-44.507 Z-3.579
X42.337 Y-44.482 Z-3.583
X42.249 Y-44.464 Z-3.586
X42.161 Y-44.454 Z-3.59
X42.071 Y-44.452 Z-3.595
X41.982 Y-44.458 Z-3.599
X41.894 Y-44.472 Z-3.604
X41.808 Y-44.494 Z-3.609
X41.725 Y-44.523 Z-3.614
X41.666 Y-44.548 Z-3.618
X41.61 Y-44.577 Z-3.622

```

Gambar 2.20 Nc file Pergerakan Pahat Ballnose Diameter 6 pada Teknik 3D Offset Finishing.

1.5 Proses Eksekusi Program

Eksekusi program dilakukan untuk menguji hasil dari pemrograman yang telah dilakukan dengan cara mentransfer data yang berupa Nc file dari komputer kedalam memory mesin, agar mesin dapat melakukan proses pembacaan program yang akan diteruskan menjadi perintah kerja mesin. Hal ini dilakukan dengan media transfer file lewat kabel data RS232 dan Windows Comander data transfer. Pada proses inilah peneliti dapat mengamati apakah pergerakan pahat berjalan secara aktual di mesin CNC sesuai dengan program CAM yang telah dibuat.



Gambar 2.21 Eksekusi Program pada Benda Uji Coba.

Hingga pada akhirnya didapat 3 benda ujicoba yang akan di teliti untuk kemudian dijadikan sample pengukuran.



Gambar 2.22 Benda Uji Coba hasil dari CNC Milling

3. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

3.1 Proses Pengukuran Kekasaran Permukaan

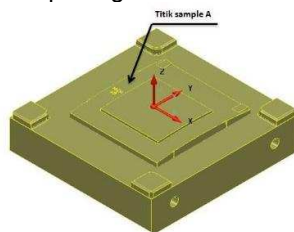
Proses pengukuran kekasaran dilakukan dengan menggunakan *Surface roughness tester* Mitutoyo.

Proses pengukuran dilakukan dengan mengambil 3 sample titik pengerjaan yaitu titik A, titik B, dan titik C disetiap benda ujicoba, jadi didapat 9 sample titik pengerjaan dimana pada setiap titik diambil tiga goresan dan sudah diambil nilai rata – ratanya.

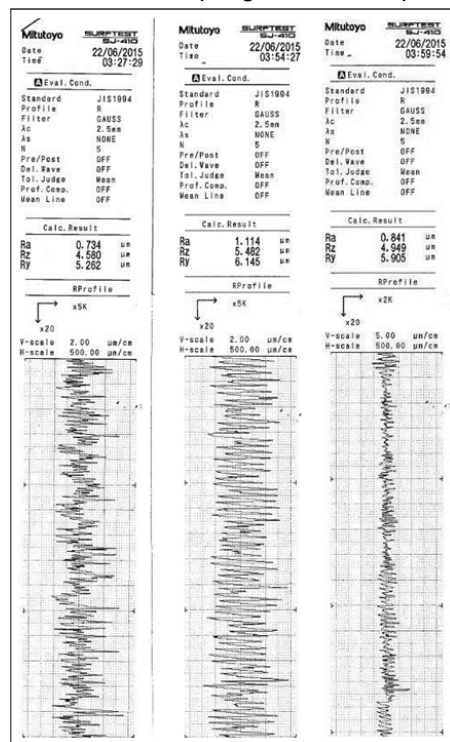
Posisi pengetesan dilakukan terhadap bidang lengkung pada setiap benda ujicoba untuk mendapatkan perbandingan kekasaran permukaan antara metode pengerjaan *Raster one way*, *Raster two way*, serta *3D offset finishing*.

3.2 Grafik Kekasaran Benda Uji Coba 1, 2 dan 3 pada titik A

Sebelum mengetahui hasil kekasaran pada setiap titik benda uji coba *core* maka terlebih dahulu tentukan posisi pengambilan titik *sample A*. Seperti terlihat pada gambar:



Gambar 3.1 Titik pengambilan Sample A



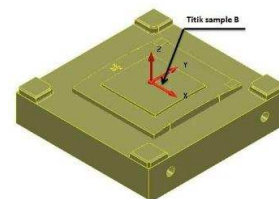
Gambar 3.2 Grafik Titik A pada Benda Uji Coba Core 1, 2, dan 3

Setelah penentuan posisi titik A telah ditentukan maka selanjutnya dicari nilai kekasaran pada titik A tersebut, berikut adalah grafik hasil uji kekasaran pada benda uji coba 1, 2, dan 3 *core*.

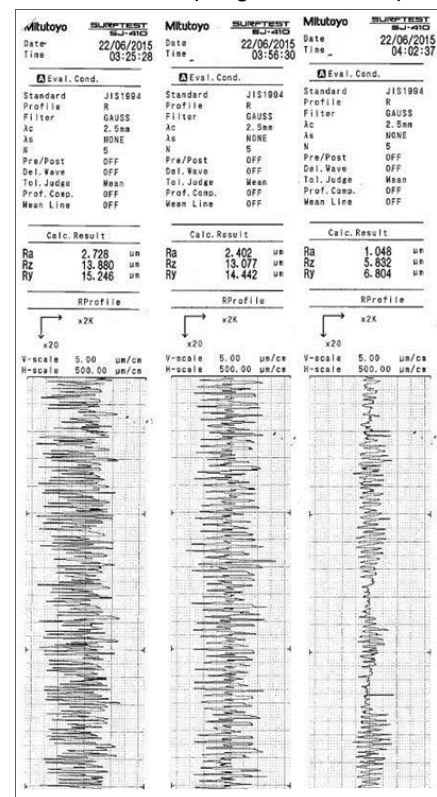
Dari hasil grafik titik A pada benda uji coba *core 1* terdapat nilai kekasaran Ra 0.734 μm , pada benda uji coba *core 2* terdapat nilai kekasaran Ra 1.114 μm , dan pada benda uji coba *core 3* terdapat nilai kekasaran Ra 0.841 μm . Berdasarkan data diatas maka nilai kekasaran yang paling kecil adalah pada benda uji coba *core 3* yaitu Metode pemakanan *Raster one way*.

3.3 Grafik Kekasaran Benda Uji Coba 1,2 dan 3 pada titik B

Sebelum mengetahui hasil kekasaran pada setiap titik benda uji coba *core* maka terlebih dahulu tentukan posisi pengambilan titik *sample B*. Seperti terlihat pada gambar:



Gambar 3.3 Titik pengambilan Sample B



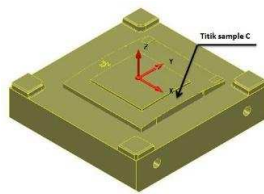
Gambar 3.4 Grafik Titik B pada Benda Uji Coba Core 1, 2, dan 3

Setelah penentuan posisi titik B telah ditentukan maka selanjutnya dicari nilai kekasaran pada titik B tersebut, berikut adalah grafik hasil uji kekasaran pada benda uji coba 1, 2, dan 3 core.

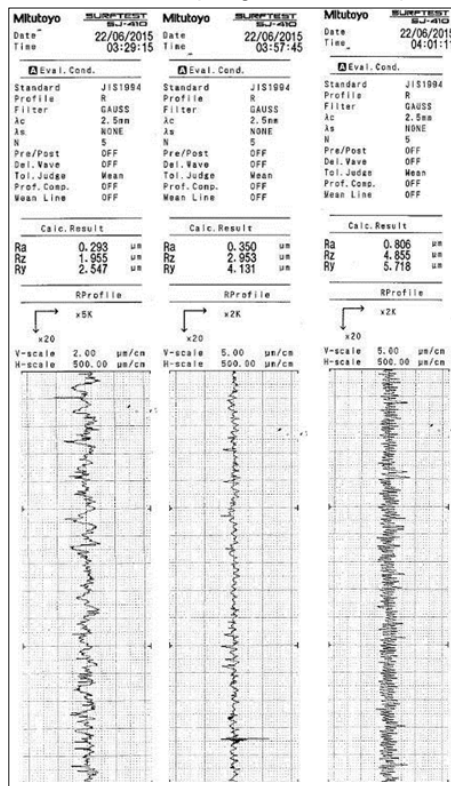
Dari hasil grafik titik B pada benda uji coba core 1 terdapat nilai kekasaran R_a 2.728 μm , pada benda uji coba core 2 terdapat nilai kekasaran R_a 2.402 μm , dan pada benda uji coba core 3 terdapat nilai kekasaran R_a 1.048 μm . Berdasarkan data diatas maka nilai kekasaran yang paling kecil adalah pada benda uji coba core 3 yaitu Metode pemakanan *3D offset finishing*.

3.4 Grafik Kekasaran Benda Uji Coba 1,2 dan 3 pada titik C

Sebelum mengetahui hasil kekasaran pada setiap titik benda uji coba core maka terlebih dahulu tentukan posisi pengambilan titik *sample C*. Seperti terlihat pada gambar:



Gambar 3.5 Titik pengambilan Sample C



Gambar 3.6 Grafik Titik C pada Benda Uji Coba Core 1, 2, dan 3

Setelah penentuan posisi titik C telah ditentukan maka selanjutnya dicari nilai kekasaran pada titik C tersebut, berikut adalah grafik hasil uji kekasaran pada benda uji coba 1, 2, dan 3 core.

Dari hasil grafik titik C pada benda uji coba core 1 terdapat nilai kekasaran R_a 0.293 μm , pada benda uji coba core 2 terdapat nilai kekasaran R_a 0.350 μm , dan pada benda uji coba core 3 terdapat nilai kekasaran R_a 0.806 μm . Berdasarkan data diatas maka nilai kekasaran yang paling kecil adalah pada benda uji coba core 3 yaitu Metode pemakanan *Raster one way*.

a. Pembahasan

Berdasarkan data – data diatas yang telah didapat maka dapat dibuat tabel hasil uji kekasaran, seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Hasil Uji Kekasaran R_a (satuan μm)

		Metode Pemakanan								
		<i>Raster one way</i>			<i>Raster two way</i>			<i>3D offset finishing</i>		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Pengambilan titik sample	1	0.734			1.114			0.841		
	2		2.728			2.402			1.048	
	3			0.293			0.350			0.806

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian bahwa faktor metode pemakanan ikut menentukan tingkat kekasaran permukaan hasil proses mesin CNC *milling* disamping faktor-faktor lainnya. Data hasil penelitian yang telah dideskripsikan dalam bentuk diagram tabel tersebut untuk mengetahui tingkat kekasaran permukaan dari benda uji coba hasil proses mesin CNC *milling* dengan Metode pemakanan *Raster One way*, *Raster two way*, dan *3D offset finishing*.

3.5 Hasil Uji Kekasaran Benda Uji Coba Core

Berdasarkan perhitungan-perhitungan pada lampiran diperoleh nilai kekasaran permukaan rata-rata (R_a) pada benda uji coba dihitung dengan analisis nilai rata-rata per titik. Hasil uji kekasaran pada core I: 0.734 μm , 2.728 μm , 0.293 μm . Core II: 1.114 μm , 2.402 μm , 0.350 μm . Core III: 0.841 μm , 1.048 μm , 0.806 μm . Data hasil pengukuran benda uji coba core dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.2 Data Nilai Kekasaran Permukaan Ra (satuan μm) Benda Uji Coba Core

Metode Pemakanan	Nilai Kekasaran			Rata - rata
	TA	TB	TC	
<i>Raster one way</i>	0.734	2.728	0.293	1.252
<i>Raster two way</i>	1.114	2.402	0.350	1.289
<i>3D offset finishing</i>	0.841	1.048	0.806	0.899

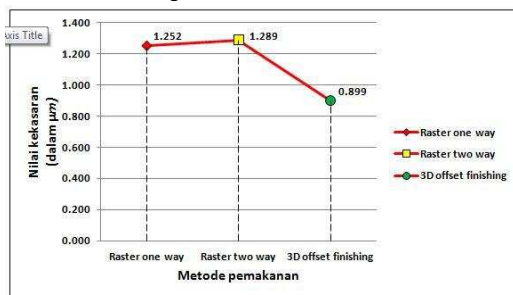
Keterangan:

TA = Titik pertama

TB = Titik kedua

TC = Titik ketiga

Dari pengukuran tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk benda uji coba core (I, II, III) nilai kekasaran yang paling kecil (halus) adalah dengan menggunakan metode pemakanan *3D offset finishing*.

Gambar 3.7 Grafik Data Nilai Kekasaran Permukaan Ra (satuan μm) Rata – Rata dari Titik Benda Uji Coba

Berdasarkan tabel nilai kekasaran rata-rata diatas, maka dapat disimpulkan bahwa nilai yang terendah adalah pada metode pemakanan *3D offset finishing*.

3.6 Hasil Waktu Permesinan

Didalam pengerjaan proses permesinan lamanya waktu pengerjaan dapat dihitung dengan rumus:

$$t_c = l \times w / a_e \times V_f$$

Sehingga didapatkan waktu permesinan pada proses finishing sebagai berikut:

$$t_c = 82.8\text{mm} \times 89.38\text{mm} / 0.06\text{mm} \times 2123,142\text{mm}/\text{min}$$

$$t_c = 7,400.664\text{mm}^2 \times 127.38852\text{mm}^2/\text{min}$$

$$t_c = 58.095\text{min}$$

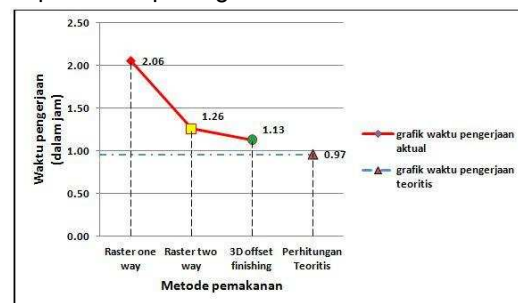
Hasil perhitungan diatas merupakan perkiraan waktu pengerjaan dengan asumsi kondisi mesin ideal,serta pergerakan mesin secara *retract* tidak diperhitungkan.

Pada kenyataanya dibutuhkan waktu yang berbeda diantara ketiga metode pemakanan *Raster one way*, *Raster two way*, serta *3D offset finishing*. Data perbedaan waktu pengerjaan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 3.3 Data Hasil Waktu Proses Pemessinan

Metode pemakanan	Waktu pemessinan aktual	Waktu pemessinan Teoritis
<i>Raster one way</i>	2 jam : 04 menit	58.095min
<i>Raster two way</i>	1 jam : 16 menit	58.095min
<i>3D offset finishing</i>	1 jam : 08 menit	58.095min

Berdasarkan data pada tabel waktu proses permesinan, menunjukan bahwa waktu proses permesinan aktual lebih lama daripada perhitungan secara teoritis. Sedangkan untuk waktu proses permesinan aktual sendiri yang tercepat adalah metode pemakanan *3D offset finishing*. Hasil perbedaan waktu permesinan dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4.8 Grafik Waktu Pengerjaan Benda Uji Coba

Berdasarkan pada gambar grafik diatas menunjukan waktu pemessinan yang tercepat adalah pada metode *3D offset finishing*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode pemakanan *3D offset finishing* merupakan metode permesinan dengan waktu pengerjaan paling efisien.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Terdapat pengaruh nilai kekasaran pada setiap metode pemakanan dalam proses

permesinan *milling* CNC 3 Axis. Pengaruh perbedaan disebabkan karena setiap metode pemakanan mempunyai alur penyayatan yang berbeda.

- 2) Pada proses pemesinan *milling* CNC 3 Axis nilai kekasaran yang terkecil adalah metode *3D offset finishing*. Karena pada metode *3D offset finishing* mempunyai alur pemakanan mengikuti arah dari bentuk benda kerja. Sedangkan pada metode *Raster one way* dan *raster two way* hanya membentuk alur lurus.
- 3) Kekasaran permukaan (Ra) rata – rata terendah pada benda uji coba *core* dengan nilai kekasaran **0.899 μ m** dan waktu penyayatan tercepat yaitu pada **1jam 08menit** menggunakan teknik penyayatan *3D offset finishing*.

4.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang dikemukakan diatas, penulis menyarankan agar dalam proses pemesinan *milling* CNC 3 Axis untuk permukaan benda yang berkontur agar menggunakan metode pemakanan *3D offset finishing* untuk mendapatkan nilai kekasaran yang rendah. Begitupun pada penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP), untuk proses *milling* CNC 3 Axis adalah menggunakan metode pemakanan *3D offset finishing* untuk pengerjaan proses finishing

pada permukaan benda yang berkontur untuk menghasilkan permukaan yang halus dan seragam, serta waktu pengerjaan yang cepat. sehingga berdampak pada konsumsi penggunaan jam kerja pada proses polishing lebih bisa terkontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. *Dasar-dasar Metrologi Industri, Bab VII, Pengukuran kekasaran Permukaan*”, (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Pengukuran%20Kekasaran%20Permukaan.pdf/> diakses 5 Mei 2015)
- [2]. Kristianto, Yudhi G.H. *Pemrograman CNC TU-3A*. Yogyakarta: Cet-1. Gava media, 2006
- [3]. Sato, G. Takeshi. *Menggambar mesin menurut standard ISO* . cet-3. Jakarta: Pradnya Paramita, 1986
- [4]. Seco tools, *Solid Endmills Cataloge*, Sweden: Seco Tools AB, 2014
- [5]. Sharma, P.C. *A TextBook of Production Engineering*. New Delhi: Schand & Company LTD, 2001
- [6]. Subagio, Dalmasius Ganjar. *Teknik Pemrograman CNC Bubut dan Freis* . Jakarta: LIPI, 2008
- [7]. Surdia, Tata., & Saito, Shinroku. *Pengetahuan bahan Teknik* . Jakarta: cet-4. Pradnya Paramita, 1999